

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-049430  
 (43)Date of publication of application : 21.02.1995

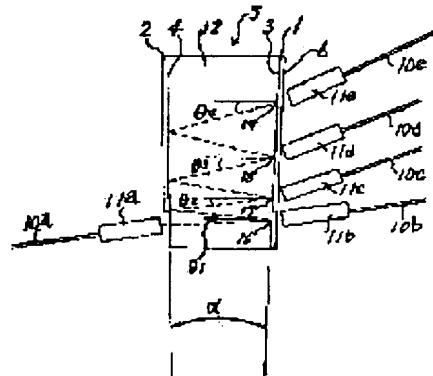
(51)Int.CI. G02B 6/293

(21)Application number : 05-215059 (71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE  
 (22)Date of filing : 06.08.1993 (72)Inventor : SHIMIZU TAKEO  
 YANAGAWA HISAHARU

## (54) OPTICAL CIRCUIT PART

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical circuit part capable of dividing a light into a light having a required wavelength and composing the light having the required wavelength. CONSTITUTION: A first filter 1 and a second filter 2 are stuck to a glass block 12 having an apex angle  $\alpha$ , and the first light receiving surface 3 of the first filter 1 is opposed to the second light receiving surface 4 of the second filter 2 to form an optical circuit part 5 for reflecting a light between the first and second light receiving surfaces 3, 4. On the base part side of the optical circuit part 5, an incident side optical fiber 10a is provided through a collimator lens 11a, and on the back surface 6 side of the fist filter 1 corresponding to each position 16-19 in which the light incident from the optical fiber 10a to the optical circuit part 5 is advanced between the first and second light receiving surfaces 3, 4, and incident to the first light receiving surface 3, each optical fiber 10b-10e on emitting side is arranged through collimator lenses 11b-11e.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-49430

(43)公開日 平成7年(1995)2月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 6/293

識別記号  
8106-2K

府内整理番号  
G 0 2 B 6/ 28

F I  
技術表示箇所  
C

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全10頁)

(21)出願番号 特願平5-215059

(22)出願日 平成5年(1993)8月6日

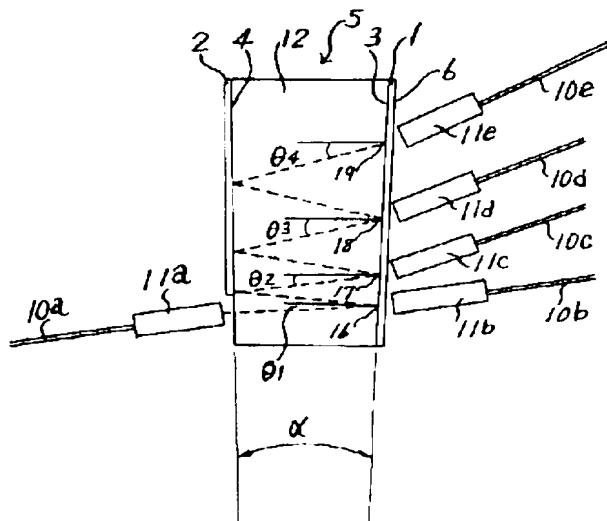
(71)出願人 000005290  
古河電気工業株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号  
(72)発明者 清水 健男  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内  
(72)発明者 柳川 久治  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内  
(74)代理人 弁理士 五十嵐 清

(54)【発明の名称】 光回路部品

(57)【要約】

【目的】 回路が複雑化することなく、光を所望の波長の光に分波したり、所望の波長の光を合波したりできる光回路部品を提供する。

【構成】 頂角 $\alpha$ のガラスブロック12に、第1のフィルタ1と第2のフィルタ2を張り付け、第1のフィルタ1の第1の受光面3と、第2のフィルタ2の第2の受光面4を対向させて、第1および第2の受光面3、4間に光が反射する光回路部品5を形成する。光回路部品5の基部側には、入射側の光ファイバ10aをコリメータレンズ11aを介して設け、光ファイバ10aから光回路部品5に入射した光が、第1、第2の受光面3、4間に進み、第1の受光面3に入射する各位置16、17、18、19に対応する第1のフィルタ1の背面6側に、コリメータレンズ11b、11c、11d、11eを介して出射側の各光ファイバ10b、10c、10d、10eを配設する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射側の光通路に対向させて、光の反射と透過を共に行う第1のフィルタを配設し、第1のフィルタで反射した光を受ける側にはこの受けた光を前記第1のフィルタ側へ反射する第2のフィルタを配設し、第1のフィルタの受光面と反対側の背面には入射側の光通路から通された光が直接入る位置と、入射側の光通路から通された光が第1および第2のフィルタ受光面間で1回以上反射してから入る1つ以上の位置との少くとも一方側の位置に対応させて出射側の光通路が配設されるもので、入射側の光通路から複数の波長を有する光を入射したときに第1のフィルタの出射側光通路の位置に達した光が各位置で異なる波長の光が選択的に分波される入射角度となるように第1のフィルタの受光面と第2のフィルタの受光面とで形成される角度を設定したことを特徴とする光回路部品。

【請求項2】 第1および第2のフィルタ受光面間を通る光の通路は光導波路により形成されていることを特徴とする請求項1記載の光回路部品。

【請求項3】 入射側の光通路から照射された光を第1のフィルタに入射させる反射鏡と、第1のフィルタを透過した光を出射側の光通路に入射させる反射鏡との少くとも一方の反射鏡が光通路とフィルタ間に配設されていることを特徴とする請求項1記載の光回路部品。

【請求項4】 第2のフィルタは該フィルタの受光面で光を反射すると共に受光面と反対側の背面側から照射された光を透過するフィルタにより構成されており、第2のフィルタの背面側から照射された光を入射側の光通路から入射した光と合わせて出射側の光通路側には射するように構成したことを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の光回路部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信システム等に組み込まれて光の分波や合波を行う光回路部品に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 主として光ファイバを伝送媒体とする光通信システムにおいて、光を波長ごとに複数の光に分波したり、異なる波長の光を合波したりといったことが行われている。そのような光の合波や分波に際して、光を2つ以上の異なる波長の光に分波したり、2つの異なる波長の光を合波したりするときには、レンズ、プリズム、フィルタなどを組み合わせたハルク型光部品や、ファイバ型の溶融型カッパラが主として用いられており、分波したり合波したりする光の波長が2つを越える数のときには、例えば、複数のスリットを形成したグレーティング(回折格子)や、マッハウェンダ干渉計を用いた導波路型の2×2カッパラ(光の分波・合波のチャネル数が2×2のカッパラ)を複数組み合わせた光回路などか

用いられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、分波したり合波したりする光の波長の数が2つを越えるときに、シングルモード光ファイバを伝搬する光の分波や合波をするためにグレーティングを用いると、分離する波長間隔に対してそれら伝搬帯域幅を大きくすることが困難であり、過剰損失を小さく抑えて光を所望の波長に分波したり、所望の波長の光を合波したりすることが難しかった。また、導波路型のカッパラを組み合わせた光回路においては、分波したり合波したりする光の波長数が多くなると、光回路が複雑になってしまふといった問題があつた。

【0004】 本発明は、上記従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、光回路が複雑化することなく、光を所望の波長の光に分波したり、所望の波長の光を合波したりすることができる光回路部品を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明は次のように構成されている。すなわち、本発明は、入射側の光通路に対向させて、光の反射と透過を共に行う第1のフィルタを配設し、第1のフィルタで反射した光を受ける側にはこの受けた光を前記第1のフィルタ側へ反射する第2のフィルタを配設し、第1のフィルタの受光面と反対側の背面には入射側の光通路から通された光が直接入る位置と、入射側の光通路から通された光が第1および第2のフィルタ受光面間で1回以上反射してから入る1つ以上の位置との少くとも一方側の位置に対応させて出射側の光通路が配設されるもので、入射側の光通路から複数の波長を有する光を入射したときに第1のフィルタの各出射側光通路の位置に達した光が各位置で異なる波長の光が選択的に分波され入射角度となるように第1のフィルタの受光面と第2のフィルタの受光面とで形成される角度を設定したことを特徴として構成されている。

【0006】 また、前記第1および第2のフィルタ受光面間を通る光の通路は光導波路により形成されていること、入射側の光通路から照射された光を第1のフィルタに入射させる反射鏡と、第1のフィルタを透過した光を出射側の光通路に入射させる反射鏡との少くとも一方の反射鏡が光通路とフィルタ間に配設されていることも本発明の特徴的な構成とされている。

【0007】 さらに、第3のフィルタは該フィルタの受光面で光を反射すると共に受光面と反対側の背面側から照射された光を透過するフィルタにより構成されており、第2のフィルタの背面側から照射された光を入射側の光通路から入射した光と合わせて出射側の光通路側に出射するように構成したことも本発明の特徴的な構成とされている。

## 【0008】

【作用】上記構成の本発明において、入射側の光通路から複数の波長を有する光を入射すると、光は直接対応する出射側の光通路の位置に到達するか、あるいは、第1のフィルタに達して第2のフィルタ側に反射し、さらに、第2のフィルタから第1のフィルタ側に反射する反射動作を1回以上繰り返して、行進する出射側の光通路の位置に到達する。そして、第1のフィルタと第2のフィルタとで形成される角度が所定の角度に設定されていることにより、出射側の光通路の位置に到達した光は、第1のフィルタが異なる波長の光を受け入れる入射角度となって第1のフィルタ受光面に入射するため、入射側の光通路から迷られた複数の波長の光が、第1のフィルタ受光面から出射側の光通路の位置で選択的に分波され、異なる波長の光がそれぞれの出射側光通路に射出される。

## 【0009】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1には、本発明に係る光回路部品5の第1の実施例が光ファイバと接続状態で示されている。同図において、光回路部品5は、頂角 $\alpha$ が1度で先端側が広かつたガラスブロック12の側面に、誘電体多層膜により形成されている第1のフィルタ1と第2のフィルタ2が張り付けられて形成されており、第1のフィルタ1の第1の受光面3と、第2のフィルタ2の第2の受光面4とは間隔を介して対向し、第1の受光面3と第2の受光面4とで形成される角度は、ガラスブロック12の頂角 $\alpha$ と等しく1度となっている。

【0010】ガラスブロック12の基部側(図1では下部側)には、コリメータレンズ11aを介して入射側の光通路であるシングルモード光ファイバ10aが設けられており、このように、コリメータレンズ11aを介することにより、光ファイバ10aからガラスブロック12に通される光は、レンズ11aの光軸に対して平行光線となって通されるようになっており、第1のフィルタ1の受光面3は、この光ファイバ10a側からガラスブロック12に通される光と対向するようになっている。

【0011】第1のフィルタ1は光の反射と透過を共に行う入射角対応波長選択透過型のフィルタであり、受光面3に入射する光の入射角に応じて所定範囲内の波長の光を透過して残りの光を反射させるようになっており、例えば、図2には、波長1.54μmから1.59μmの光を第1のフィルタ1の第1の受光面3に照射したときの光の透過率が示されているが、同図に示されるように、照射される光の入射角度の違いによりその透過率に違いがあり、入射角度が5度のときには、第1のフィルタ1は、入射する光の波長が1.556μmよりも短い光はほぼ100%透過し、1.556μmよりも長い波長の光はほぼ100%反射するようになっている。

【0012】また、同様に、光の入射角度が7度のとき

には、1.562μmよりも短い波長の光はほぼ100%透過し、1.562μmよりも長い波長の光はほぼ100%反射するようになっており、同様に、光の入射角度が9度、11度のときには、入射する光の波長がそれぞれ1.569μm、1.579μmよりも短い波長の光はほぼ100%透過し、それぞれ1.569μm、1.579μmよりも長い光はほぼ100%反射するようになっている。このように、第1のフィルタ1は第1の受光面3に入射する光が入射角θ<sub>1</sub>、θ<sub>2</sub>、θ<sub>3</sub>、θ<sub>4</sub>のときに、それぞれのカットオフ波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ が1.556μm、1.562μm、1.569μm、1.579μmの短波長透過フィルタとして機能する。

【0013】第1の受光面3で反射した光は、第2のフィルタ2の第2の受光面4に達するようになっており、第2のフィルタ2はカットオフ波長1.55μmの短波長透過フィルタであるために、第1のフィルタ1側からの光を受光面4で受け、1.55μm以上の波長の光を再び第1の受光面3側に反射するようになっている。

【0014】第1のフィルタ1の第1の受光面3と反射

側の背面6には、それぞれコリメータレンズ11b、11c、11d、11eを介して出射側のシングルモード光ファイバ10b、10c、10d、10eが配設されており、光ファイバ10bは、入射側のシングルモード光ファイバ10aからガラスブロック12に通された光が図の点線のように進み、直接第1の受光面3に入る位置16に対応して設けられており、そのときの入射角度θ<sub>1</sub>は5度となっている。光ファイバ10cは、ガラスブロック12に通された光が第1の受光面3で反射して、さらに、第2の受光面4で反射し、入射角度θ<sub>2</sub>が7度で第1の受光面3に入射する位置17に対応して設けられており、光ファイバ10dは、光が第1および第2の受光面3、4間で2回反射して、入射角度θ<sub>3</sub>が9度で第1の受光面3に入射する位置18に対応して設けられており、光ファイバ10eは、光が第1および第2の受光面間で3回反射して、入射角度θ<sub>4</sub>が11度で第1の受光面3に入る位置19に対応して設けられている。

【0015】ところで、光ファイバ10a側からガラスブロック12に通された光が、図1の点線のように進み、第1および第2の受光面3、4間で光の反射する角度が増加していく理由は、第1のフィルタ1の第1の受光面3と、第2のフィルタ2の第2の受光面4が平行ではなく、ガラスブロック12に沿って先端側が広かつた状態で配設されていることにある。

【0016】周知のように、光は、例えば、θ<sub>1</sub>の入射角度で入射した場合、反射するときもθ<sub>1</sub>の角度で反射するために、仮に、第1の受光面3と第2の受光面4が平行に配設されているとしたら、図4の(a)に示すように、第1の受光面3で反射した光は、第2の受光面4

にも  $\theta_1$  の入射角度で入射して、 $\theta_1$  の角度で反射し、再び  $\theta_1$  の角度で第1の受光面3に入射し、第1および第2の受光面3、4に入射する角度は常に  $\theta_1$  で変化しない。

【0017】ところが、例えば、同図(c)に示すように、第1の受光面3と第2の受光面4が非平行状態で先端側が広がった状態で配設されているときに、基部側(図の下部側)から光を入射させると、光は、まず受光面3に  $\theta_1$  で入射し、同じく  $\theta_1$  の角度で反射して進んでいくが、第2の受光面4の位置Aに達するときには、第1の受光面3と第2の受光面4との間で形成される角度は  $\theta_1$  よりも大きい入射角度  $\theta_1'$  で入射する。そして、 $\theta_1'$  の角度で反射して、再び第1の受光面3に反って図のBの位置に入射するときには、 $\theta_1'$  よりもまたけ大きい入射角度  $\theta_2$  で入射するようになり、このように、第1、第2の受光面3、4間で反射することを繰り返しながら、光が先端側に進むほど、第1および第2の受光面3、4に入射する角度が増加していく。

【0018】すなわち、本実施例のように、先端側が広がった状態で配設された第1、第2のフィルタ1、2の受光面3、4の基部側から、図1で示したように光を入射させた場合に、第1の受光面3に入射する光の入射角度  $\theta$  は、次式(1)により表すことができる。

#### 【0019】

$$\theta_i = \theta_1 + 2 \times (i-1) \times \alpha, \dots, (1)$$

【0020】式(1)では  $i$  は整数であり、 $\alpha$  は第1の受光面3と第2の受光面4により形成される角度であり、 $\theta_1$  は入射側から通された光が、1番目に第1の受光面3に到達したときのその位置での光の入射角度を示している。したがって、入射側から通された光が直接第1の受光面3に到達した場合は、1番目に第1の受光面3に到達したことになるため、その位置16での光の入射角度が  $\theta_1$  となり、位置16で反射して第2の受光面4に達して反射した後に、第1の受光面3に達した光は、2番目に第1の受光面3に達したことになるため、その位置17での光の入射角度は  $\theta_2$  となる。そして、 $\theta_2$  は式(1)より、

#### 【0021】

$$\theta_2 = \theta_1 + 2 \times (2-1) \times \alpha = \theta_1 + 2\alpha$$

【0022】となり、本実施例では、 $\theta_1$  が5度、 $\alpha$  が1度であるため、上式に代入すれば  $\theta_2$  が7度となることがわかる。そして、同様に、各位置18、19での光の入射角度  $\theta_3$ 、 $\theta_4$  はそれぞれ9度、11度となることがわかる。

【0023】なお、図1の場合とは逆に、第1のフィルタ1と第2のフィルタ2の間隔が、先端側になるほど狭くなるような状態で配設されている場合に、基部側から光を入射させた場合には、第1および第2の受光面3、4に入射する光の入射角度は、光が先端側に進むほど減少していく。

【0024】次に、本実施例の動作について説明する。まず、図3の(a)に示すように、モードファイバ10a側から複数の波長を有する光を通すと、光はコリメータレンズ11aを通り、レンズ11aの光軸に対して平行光線となり、ガラスプロック12に入射して、第1のフィルタ1の第1の受光面3の位置16に5度の入射角度  $\theta_1$  で直接入射する。そうすると、この第1のフィルタ1は、図2で示したように、入射角度  $\theta_1$  が5度のときは、受光した光が最も波長が1.556  $\mu\text{m}$  よりも短い光は通過し、波長が1.556  $\mu\text{m}$  よりも長い光は反射するために、1.556  $\mu\text{m}$  よりも短い波長の光は位置16で分波されて、図の矢印eのよう、コリメータレンズ11bを介してレンズ11bの光軸に対して平行光線となり、光ファイバ10b側に射出される。また、同時に、1.556  $\mu\text{m}$  以上で波長の光は、第1の受光面3の位置16で反射されて第2の受光面4側に進む。

【0025】そして、それとは第2の受光面4で反射されて、同図(c)に示すように、第1の受光面3の位置17に7度の入射角度  $\theta_2$  で入射する。また、位置17では入射角度  $\theta_2$  が7度であるために、1.562  $\mu\text{m}$  より短い波長の光が透過されるが、第1の受光面3の位置16において、波長1.556  $\mu\text{m}$  よりも短い光は既に分波されて光ファイバ10b側に通されているために、位置17では波長が1.556  $\mu\text{m}$  以上で1.562  $\mu\text{m}$  未満の光が、図の矢印eのよう、コリメータレンズ11cを介して光ファイバ10c側に通される。

【0026】そして、波長が1.562  $\mu\text{m}$  以上の光は反射して第2の受光面4に達し、第1の受光面3側に反射して同図の(c)に示すように、第1の受光面3の位置18に9度の入射角度  $\theta_3$  で入射し、上記と同様にして、波長が1.562  $\mu\text{m}$  以上で1.569  $\mu\text{m}$  未満の光が、図の矢印dのよう、光ファイバ10dに通され、1.569  $\mu\text{m}$  以上の波長の光が第1の受光面3の位置18で反射されて、同様に、同図の(d)に示されるように、1.569  $\mu\text{m}$  以上で1.579  $\mu\text{m}$  未満の光が、図の矢印eのよう、光ファイバ10eに通され、1.579  $\mu\text{m}$  以上の波長の光は第1の受光面3の位置19で反射される。そして、このように、光ファイバ10aから光回路部品5に通された光は、第1の受光面3と第2の受光面4との間を反射しながら互いに違いに進むと共に、第1の受光面3の各位置16、17、18、19で異なる波長の光に分波され、各光ファイバ10b、10c、10d、10eに入射する。

【0027】このように、光回路部品5の第1の受光面3と第2の受光面4との間で反射する光の光路は、第1の受光面3と第2の受光面4とで形成される角度、すなわち、ガラスプロック12に頂角  $\alpha$  と、入射側の光ファイバ10a側から入射する光が、直接第1の受光面3に入射する位置16における光の入射角度  $\theta_1$  により決まるために、光回路部品5の設計に際し、例えば、第1の受光面3の位置16において、分波したい光の波長範囲と、図2

で示したような、第1のフィルタ1に入射する光の入射角度による光の透過率のデータ等から、位置16における入射角度 $\theta_1$ を求め、同様にして、第1のフィルタ面3の各位置17, 18, 19において、分波したい光の波長範囲に合わせて、各位置17, 18, 19での入射角度 $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ を求める。

【0028】そして、 $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ が求めた値となるように、式(1)と(4)から $\alpha$ を求め、 $\alpha$ を設定すれば、各位置17, 18, 19においてそれぞれ異なる所望の波長範囲の光を選択的に分波させることができる。

【0029】また、このように設計した光回路部品5の第1の受光面3の各位置16, 17, 18, 19に対応させて、第1のフィルタ1の背面側に出射側の光ファイバ10b, 10c, 10d, 10eを通すことにより、前記のように、入射側の光ファイバ10a側から光回路部品5に入射した複数の波長の光を、第1の受光面3の各位置16, 17, 18, 19で異なる波長の光に選択的に分波して、各出射側の光ファイバ10b, 10c, 10d, 10e側に出射させることができる。

【0030】実際に、中心波長1.553  $\mu\text{m}$ , 1.560  $\mu\text{m}$ , 1.567  $\mu\text{m}$ , 1.574  $\mu\text{m}$ の4つの光を合波して光ファイバ10aに入射させ、光ファイバ10b, 10c, 10d, 10eの出射端側で受光される光を測定して確認実験を行ったところ、光ファイバ10bからは中心波長が1.553  $\mu\text{m}$ の光が検出され、光ファイバ10c, 10d, 10eからはそれぞれ中心波長が1.560  $\mu\text{m}$ , 1.567  $\mu\text{m}$ , 1.574  $\mu\text{m}$ の光が検出され、この光回路部品5により波長ごとに複数の光が分波されることが確認された。なお、このときの各波長の光の通過損失は全て2dB以下であり、各光ファイバ10b, 10c, 10d, 10e間での波長アイソレーションは15dB以上であった。

【0031】本実施例によれば、上記したように、光回路部品5に光ファイバ10a側から光を通すだけで、容易にその光を所望の波長の光に分波することができる。しかも、この光回路部品5は、ガラスブロック12に第1のフィルタ1と第2のフィルタ2を張り付けただけの簡単な部品であり、この光回路部品5の設計に際しては、ガラスブロック12の頂角 $\alpha$ と、第1の受光面3の位置16における光の入射角度 $\theta_1$ を定めることにより、第1の受光面3の各位置17, 18, 19における光の入射角度 $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ を決めることができるために、その設計も容易であり、各位置16, 17, 18, 19における光の入射角度 $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ を $\theta_1 \sim \theta_4$ となるにしたがって所望の角度ずつだけ増加させ、各位置16, 17, 18, 19に対応する第1のフィルタ1の背面側に各光ファイバ10b, 10c, 10d, 10eを配設して、前記の動作を行うようにすることができる。

【0032】また、本実施例の光回路部品5により分波されて、各光ファイバ10b～10e側に通される各波長の光の通過損失等を実験によって確認した結果によれば、

通過損失は全て2dB以下であり、各光ファイバ10b～10e間での波長アイソレーションも15dB以上と高いことが確認された。このように、本実施例の光回路部品5は、非常に低い通過損失で光を通すことができ、しかも、高い精度で光の分波を行うことができることが立証された。

【0033】図5には、本発明の光回路部品5の第2の実施例の平面図が示されている。この光回路部品5は、シリコン基板上に石英ガラスを用いて形成した平面光導波路21基板に、図6に示すように、ダイシングソウにより幅20  $\mu\text{m}$ 、深さ200  $\mu\text{m}$ の第1のフィルタ溝15aと第2のフィルタ溝15bを形成し、第1のフィルタ溝15aと第2のフィルタ溝15bとに、表面が研磨された厚さ15  $\mu\text{m}$ の第1のフィルタ1と第2のフィルタ2をそれぞれ嵌合し、接着剤で固定することにより形成されている。第1のフィルタ溝15aと第2のフィルタ溝15bにより形成される角度 $\alpha$ は1度であり、したがって、第1のフィルタ1の第1の受光面3と、第2のフィルタ2の第2の受光面4とで形成される角度は、第1の実施例と同様に1度である。また、第1, 第2のフィルタ1, 2は第1の実施例の各フィルタ1, 2と同様に機能するフィルタである。

【0034】平面光導波路21の光通路であるコア7は、埋め込み型の光導波路であり、その寸法は8  $\mu\text{m}$ 角、コア7とコア7の周りとの比屈折率差は0.25%であり、コア7に光を通したときに、その光の波長が1.25  $\mu\text{m}$ 以上のときには、光はコア7をシングルモードで伝搬するようになっている。

【0035】第1のフィルタ1と第2のフィルタ2は、第1の実施例の各フィルタ1, 2と同様のフィルタであり、入射側のコア7aから光を入射させた光は、直接第1のフィルタ1の第1の受光面3の位置16に達し、その位置16において、光の入射角度 $\theta_1$ が1度で第1の受光面3に入射するようになっており、その後、第1および第2の受光面3, 4で反射しながら、順次、第1の受光面3の各位置17, 18, 19に達して、光の入射角度 $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ が7度、9度、11度で第1の受光面3に入射するようになっており、第1および第2の受光面3, 4を進む光の通路に合わせてコア7nによる光導波路パターンが形成されている。そして、このように、第1および第2のフィルタ1, 2の各受光面3, 4間を通る光の通路が光導波路により形成されているところが、第2の実施例の特徴的なところである。

【0036】第1のフィルタ1の背面側には、第1の受光面3の各位置16, 17, 18, 19に対応して、出射側のコア7b, 7c, 7d, 7eが形成されており、コア7b～7eは、第1のフィルタ1を透過した異なる波長の光が、それぞれコア7b, 7c, 7d, 7eに入射するときに、入射損失が小さくなるように、第1の受光面3に入射する光の通路の延長線上、すなわち、コア7nの

延長線上に形成されている。

【0037】第2の実施例は以上のように構成されており、第1の実施例と同様の動作を示し、入射側のコア7aから通された光は、第1のフィルタ1の第1の受光面3と、第2のフィルタ2の第2の受光面4間でコア7bを通って反射しながら進っていくと同時に、第1の受光面3の各位置16、17、18、19に達した光が、各位置で異なる波長に選択的に分波されて、各出射側コア7b、7c、7d、7eに通される。そして、第1の実施例と同様の効果を奏し、第1の実施例と同様の設計により容易に光回路部品5を作製することが可能であり、コア7a側から通される複数の波長を有する光を低通過損失で、しかも、所望の波長範囲の光に高精度で分波することができる。

【0038】なお、光導波路を伝搬する光は、その屈折率差によって定まる一定の広がりをもって伝搬し、各フィルタ1、2等の反射特性もこの広がりの影響を受ける。そのことを考慮すると、第1のフィルタ1の第1の受光面3と第2のフィルタ2の第2の受光面4とで形成される角度 $\alpha$ はできるだけ大きくなることが望ましいが、前述のよう、この角度 $\alpha$ により第1のフィルタ1の受光面3で選択的に分波される光の波長間隔も決まってしまう。そのため、光回路部品5の設計に際し、第1および第2のフィルタ1、2の受光面3、4間の光導波路であるコア7bを通って伝搬する光の広がりによる通過損失と第1のフィルタ1受光面3で分波される光の波長アイソレーション等を考慮して、第1のフィルタ1受光面3と第2のフィルタ2受光面4とで形成される角度 $\alpha$ を決定することが重要である。

【0039】第2の実施例でも第1の実施例と同様に、4つの異なる波長の光を有する光をコア7a側から通して確認実験を行ったところ、第1の実施例と同様に、各コア7b、7c、7d、7eにそれぞれ1つずつ異なる波長の光が選択的に通されたことが確認され、このときの通過損失は最大3.5dB、波長アイソレーションは7dB以上であった。

【0040】図7には、本発明の光回路部品5の第3の実施例の平面図が示されている。この実施例においては、シリコン基板上に石英ガラスを用いて形成した平面光導波路21基板の一部に、2次元スラブ導波路で形成される2次元自由伝搬領域14を設け、この2次元自由伝搬領域14に、第1のフィルタ1と第2のフィルタ2を組み込んでいる。この2次元自由伝搬領域14においては、光はこの領域14内のいずれの箇所においても平面方向(図のX-Y方向)に自由に伝搬することが可能であり、厚み方向(基板に対して垂直方向)の光の伝搬は規制されている。

【0041】第3の実施例の特徴的なところは、2次元自由伝搬領域14内に反射鏡である凹面ミラー13a～13eを配設したことであり、入射側のコア7aから2次元自

由伝搬領域14に入射される光を凹面ミラー13aで反射させて、平面光線として第1のフィルタ1の第1の受光面3に入射させるようにしており、第1のフィルタ1の背面6側から出射される光を、それぞれ凹面ミラー13b～13eで反射させて、平行光線としてそれぞれコア7b～7eに入射されるようになっている。

【0042】第3の実施例も、第1、第2の実施例と同様の第1、第2のフィルタ1、2により構成されており、第1の受光面3と第2の受光面4とで形成される角度 $\alpha$ も、第1、第2の実施例と同様に1度であり、第1の受光面3の各位置16、17、18、19における光の入射角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 、 $\theta_4$ も同じ値である。また、平面光導波路21に形成されているコア7a～7eの寸法等は、全て第2の実施例の平面光導波路21と同様である。

【0043】第3の実施例では、入射側のコア7aから入射される光が、図6の一点鎖線のように、凹面ミラー13aに入射して反射してから、第1のフィルタ1の第1の受光面3の位置16に入射し、第1の受光面3の各位置16、17、18、19から出射される各波長の光が、それぞれ凹面ミラー13b、13c、13d、13eで反射されて、各出射側のコア7b、7c、7d、7eに通されるか、それ以外の動作は第1、第2の実施例と同様であり、第1、第2の実施例と同様の効果を奏する。また、第1、第2のフィルタ1、2に入射する光が、凹面ミラー13aにより平面方向において光の光軸に対して平行光線となっていているために、導波路で形成した2次元自由伝搬領域を伝搬する光が広がることにより第1、第2のフィルタ1、2間での光の反射特性や第1のフィルタ1の光の透過特性が劣下することもあまりない。

【0044】第3の実施例についても、第1、第2の実施例と同様に透過特性確認実験を行ったところ、光が同様に分波され、通過損失は最大3dB、波長アイソレーションは15dB以上であった。

【0045】図8には、本発明の光回路部品5の第4の実施例の平面図が示されている。第4の実施例も第2の実施例と同様にして、平面光導波路21に、第1、第2のフィルタ1、2を組み込むことにより構成されている。

【0046】第4の実施例の特徴的なところは、第2のフィルタ2を第2の受光面4で光を反射すると共に、受光面4の反対側の背面9側から通される光を透過するフィルタにより構成し、第2のフィルタ2の背面9側に入射側のコア7g、7h、7i、7jを配設し、コア7g、7h、7i、7j側から通された異なる波長の光を、第2のフィルタ2の背面9の各位置27、28、29、30に入射させたときに、それらの各波長の光をコア7nを通る光と合波させ、その合波した光を、第1の受光面3の各位置17、18、19、20に対応する位置の第1のフィルタ1の背面6から、各コア7c、7d、7e、7fに通される光と共に合わせて入射するように構成したところである。また、この実施例では、入射側のコア7a側か

ら入射した光が、直接第1の受光面3に入射する位置16に対応する第1のフィルタ1背面側には、光通路であるヨアは設けられていない。

【0047】第4の実施例においても、コア7aから入射される光は、第2の実施例と同様に、第1、第2のアイルダ1、2の受光面3、4の間でコア7nを通して反射しながら進み、それと同時に、第1の受光面3の各位置17、18、19、20で異なる波長、例えば、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の光に分波されて、それぞれの光が各コア7c、7d、7e、7fに反射して出射される。

【0048】また、第4の実施例においては、第2のフィルタ2の背面9側に配設された各ア7g, 7h, 7i, 7jから通された光が、第2のフィルタ2の背面9の各位置27, 28, 29, 30に入射して、第2のフィルタ2を通過するため、例えば、コア7c～7fに、それぞれ波長が入<sub>6</sub>, 入<sub>10</sub>, 入<sub>10</sub>, 入<sub>50</sub>を元を通すと、それらの光は前述のコア7nを経た光と合わせられて、第1のフィルタ1の第1の受光面3の各位置17, 18, 19, 20で分波される光と共に合波して、同区に示されるように、コア7cには入<sub>60</sub>と入<sub>1</sub>の波長の光が合わされて通され、コア7dには入<sub>50</sub>と入<sub>2</sub>の波長の光が合わされて通され、コア7e, 7fには、それぞれ入<sub>50</sub>と入<sub>3</sub>, 入<sub>50</sub>と入<sub>4</sub>の波長の光が合わされて通される。

【0049】なお、コア7g, 7h, 7i, 7jから通される光の波長が $\lambda_{c0}$ ,  $\lambda_{d0}$ ,  $\lambda_{e0}$ ,  $\lambda_{f0}$ のときに、これらの光が、図8に示したように、コア7c, 7d, 7e, 7fに通されるためには、それぞれの波長の光が第1のフィルタ1の第1の受光面3の各位置17, 18, 19, 20に達したときに、第1のフィルタ1を透過する光でなければならぬ。そのためには、波長が $\lambda_{c0}$ ,  $\lambda_{d0}$ ,  $\lambda_{e0}$ ,  $\lambda_{f0}$ の光は、それぞれ、入射角度 $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$ ,  $\theta_5$ で第1の受光面3に入射したときに透過される波長範囲内の光でなければならぬ。例えば、 $\theta_2$ が7度のときには、光の波長 $\lambda_{c0}$ は1.562  $\mu\text{m}$ 以下の光とする必要がある。

【0050】第4の実施例も上記各実施例と同様の効果を奏し、さらに、第4の実施例では、コア7a側から入射される光の他にコア7g～7j側から所望の波長の光を入射させることにより、コア7a側から入射してコア7nを通り、第1のフィルタ1で分波した光にコア7g～コア7jから通した所望の波長の光を合わせさせることができる。

【0051】実際に、コア7aからえ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub>、λ<sub>3</sub>、λ<sub>4</sub>の波長の光を入射させて、各コア7e～7fに分波させ、コア7g～7jから、それぞれλ<sub>0</sub>、λ<sub>d0</sub>、λ<sub>e0</sub>、λ<sub>f0</sub>の波長の光を入射させる実験を行い、ニア7c～7fの出射端側から出射される光を検出したところ、それぞれ、λ<sub>10</sub>とλ<sub>1</sub>、λ<sub>d0</sub>とλ<sub>2</sub>、λ<sub>e0</sub>とλ<sub>3</sub>、λ<sub>f0</sub>とλ<sub>4</sub>の波長の光が合波した光を検出することができた。そして、λ<sub>c0</sub>、λ<sub>d0</sub>、λ<sub>e0</sub>、λ<sub>f0</sub>の波長の光

が第2のフィルタ2と第1のフィルタ1を通過して、それぞれ $\pm 1.7$  g, 7 h, 7 i, 7 j側からコア7 c, 7 d, 7 e, 7 f側に通されたときの各々の透過損失はすべて0.6~4 dB以下であった。

【0052】なお、本発明は上記実施例に限定されるこ  
とはなく、種々な実施形態をとり得る。例えば、上記  
第1～第3の各実施例では、第1のフィルタ1の第1の  
受光面3と、第2のフィルタ2の第2の受光面4とで形  
成される角度 $\alpha$ を1度とし、第1のフィルタ1の第1の  
受光面3の位置16及び入射角度 $\theta_1$ を5度とした  
が、第1の受光面3と第2の受光面4とで形成される角  
度 $\alpha$ や、第1の受光面3の位置16及び入射角度 $\theta_1$   
は、特に限定されるものではなく、光回路部まるで分段  
したり合流したりしたい光の波長に合わせて、適宜設定  
されるものである。

【0053】また、第1のフィルタ1により分波される光の波長範囲は、特に限定されるものではなく、第1のフィルタ1は第1の受光面3に光が入射したときに、その元の入射角度に応じて所定範囲内の波長を透過する。  
20 残りの光を反射する入射角対応波長選択遮絶型のフィルタであればよい。

【0034】また、上記実施例では、第1のフィルタ1のままで前述のような入射角対応波長選択透過型のフィルタとしたが、第2のフィルタも同様に入射角対応波長選択透過型のフィルタにより構成し、元が第2のフィルタこの第2の受光面4に達する位置に対応させて、第2のフィルタ2の背面9側に出射側の光通路を設け、第2の受光面4に達した光も、その各位置において異なる波長に選択的に分離されて出射側の光通路に通されるようにすることもできる。

【0055】さらに、上記第1の実施例では、光回路部品5をガラスブロック12の側面側に第1、第2のフィルタ1、2を張り付けて構成し、第2～第4の各実施例では、第1、第2のフィルタ1、2を平面光導波路21内に組み込んで構成したが、光回路部品5は、ガラスブロック12や平面光導波路21内に組み込んで構成するとは限らない。例えば、図4に示した光回路部品5において、第1、第2のフィルタ1、2を平面光導波路21内に設ける代わりに、第1、第2のフィルタ1、2の間にのみ、コア40、7nを有する平面光導波路を設けて光回路部品5とし、その光回路部品5の基部側にコア7aの代わりに入射側の光ファイバを、スネルの法則を満足するように、すなわち、入射側の光ファイバから光を出したときに、その光が光ファイバと平面導波路との間で屈折して、ちょうどコア7nに入るような角度で接続し、光回路部品5の第1のフィルタ1の背面側に、コア7b～7dの代わりとなる出射側の光ファイバを接続すること等もできる。

【0056】また、同様に、図7の光回路部品5においても、第1、第2のフィルタ1、2間に平面光導波路を

設け、コア7aおよびコア7g～7jの代わりに、入射側の光ファイバをスルルの法則を満足するように接続することもさること、コア7a～7fの代わりに、出射側からファイバを接続することもできる。

【0057】また、上記第3の実施例では、コア7aからの光を反射して、第1のフィルタ1に入射させる凹面ミラー13a上、第1のフィルタ1を通過した光を反射して、各コア7b～7eに反射させる凹面ミラー13b～13dを設けたが、凹面ミラー13a～13dは光の通路に合わせて適宜設けられる限りであり、光通路に合わせて第1のフィルタ1側光を入射させる側、あるいは、第1のフィルタ1側から光を反射させる側のいずれか一方のみに設けててもよい。

【0058】さらに、上記実施例では、いずれも第1のフィルタ1と第2のフィルタ2を配設するときに、その間隔は、先端例が広がるような状態に配設して光回路部品を形成させ、光回路部品の基部側から光を入射させたが、第1のフィルタ1が第1の受光面3に入射する光の入射角度によつて、例えは、入射角度が10度りとしね、1.5  $\mu$ m未満の光を透過して1.5  $\mu$ m以上の光を反射し、入射角度が8度のときには、1.7  $\mu$ m未満の光を透過して1.7  $\mu$ m以上の光を反射するといったように、入射角度が小さくなるほど透過させる波長の上限値が大きくなるようなフィルタであれば、上記実施例とは逆に、第1および第2のフィルタ1、2の間隔を先端側が狭くなるような状態に配設し、光回路部品の基部側から光を入射させるようにすることもできる。

【0059】さらに、入射側の光通路や出射側の光通路の数は、特に限定されることなく、分波あるいは合波する光に合わせて各光通路を設け、本発明の光回路部品により所望に光を分波させたり合波させたりすることができる。

#### 【0060】

【発明の効果】本発明によれば、入射側の光通路から複数の波長を有する光を入射すると、光は直接対応する出射側の光通路の位置に到達するか、あるいは、第1のフィルタに達して第2のフィルタ側に反射し、第2のフィルタから第1のフィルタ側に反射することを1回以上繰り返して、対応する出射側の光通路の位置に到達する。そして、第1のフィルタの受光面と第2のフィルタの受光面とで形成される角度を所望の角度に設定することにより、出射側の光通路の位置に到達した光は、第1のフィルタが異なる波長の光を受け入れる入射角度となつて、第1のフィルタの受光面に入り込み、その各位置で異なる波長の光が選択的に分波され、分波された光が各出射側光通路側に射出されるため、入射側の光通路から

光回路部品に光を入射させるだけで、光を容易に異なる波長の光に分波して出射させることができる。

【0061】また、光回路部品の設計に際して、光回路部品に複数の波長を有する光を入射したときに、第1のフィルタの各出射側光通路の位置に達した光が、各位置で異なる波長の光に選択的に分波されるように、第1のフィルタの透過性に合わせて、第1のフィルタの受光面と第2のフィルタの受光面とで形成される角度を設定すればよく、光回路部品の設計を容易に行なうことができる。光回路が複雑化することもなく、第1と第2のフィルタの受光面で形成させる角度を様々な角度に設定することにより、光を所望の波長の光に分波することが可能となる。

【0062】さらに、第2のフィルタを第1のフィルタの受光面3に反射すると共に、受光面と反対側の背面側から照射された光を透過するフィルタにより構成すれば、第2のフィルタの背面側から照射された光と、入射側の光通路から入射した光と合わせて、出射側の光通路側に反射させることができ、第2のフィルタの背面側から様々な波長の光を照射することにより、所望の波長の光を分波させることができるようになる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光回路部品5の第1の実施例を光ファイバと接続次態で示す構成図である。

【図2】図1の光回路部品の第1のフィルタの光の入射角度による透過性の違いを示すグラフである。

【図3】図1の光回路部品の動作を示す説明図である。

【図4】第1のフィルタ1と第2のフィルタ2の配設状態の違いによる、第1および第2の受光面3、4に入射する光の入射角度の違いを示す説明図である。

【図5】本発明の第2の実施例を示す平面構成図である。

【図6】図4の光回路部品の第1、第2のフィルタ1、2挿入部を示す説明図である。

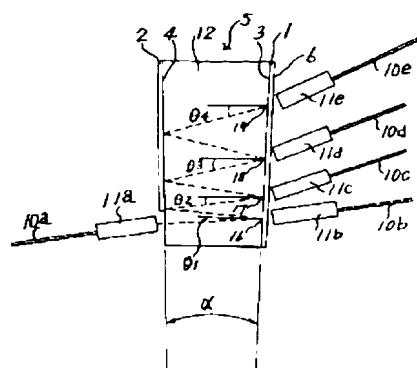
【図7】本発明の第3の実施例を示す平面構成図である。

【図8】本発明の第4の実施例を示す平面構成図である。

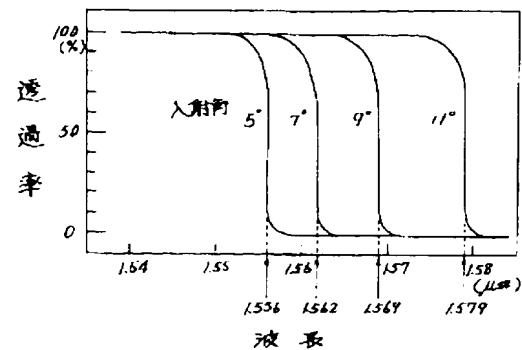
#### 【符号の説明】

- 1 第1のフィルタ
- 2 第2のフィルタ
- 3 第1の受光面
- 4 第2の受光面
- 6, 9 背面
- 7 コア
- 13 凹面ミラー

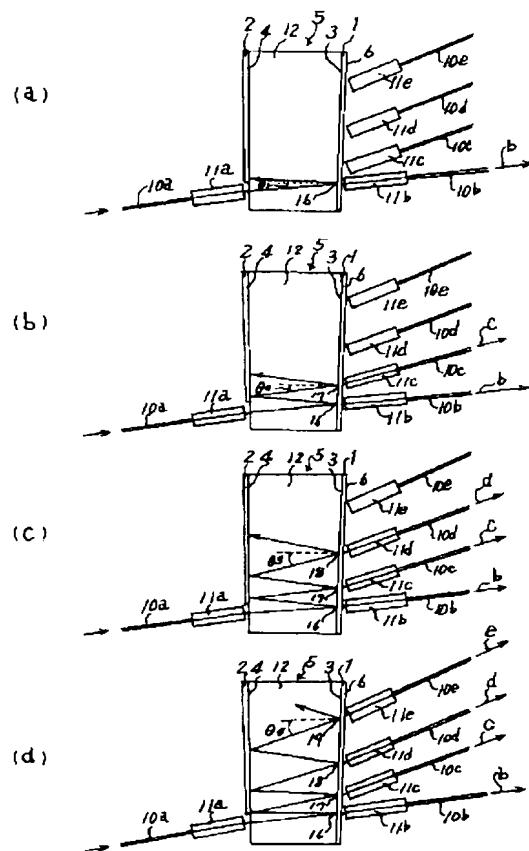
【図1】



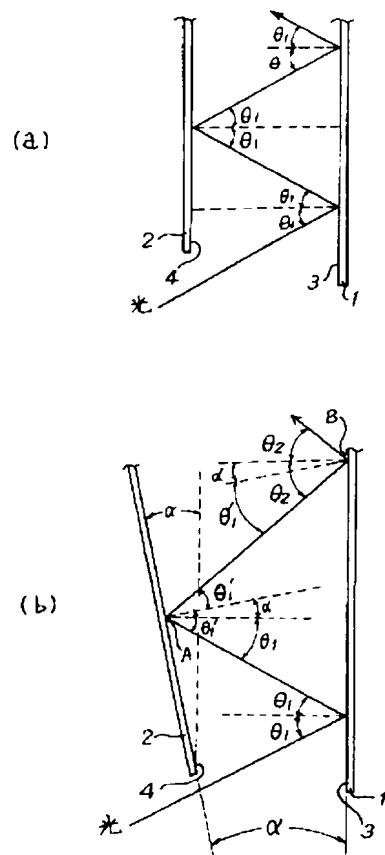
【図2】



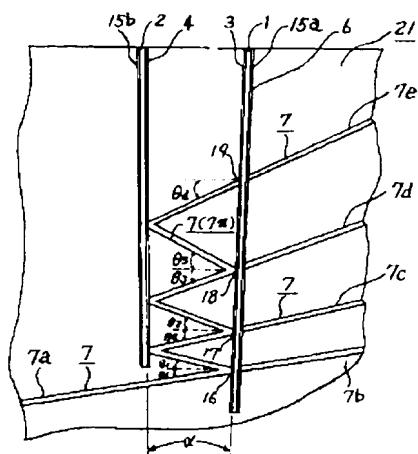
【図3】



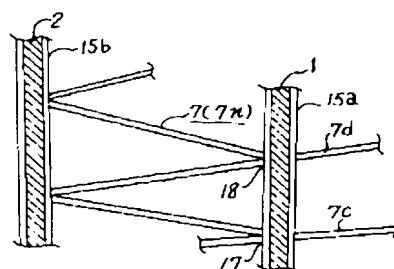
【図4】



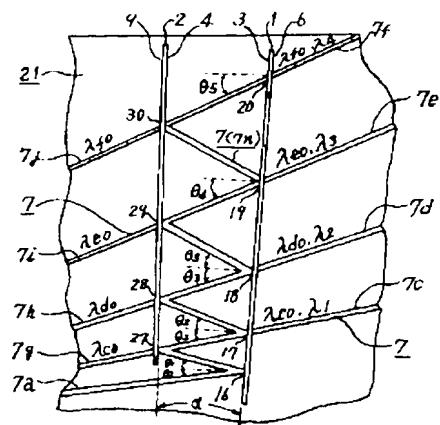
[图 5]



[圖 6]



[ ५० ]



[図7]

